

Dermatoses professionnelles allergiques aux métaux

Première partie : allergie de contact au nickel

En résumé

Les dermatoses professionnelles allergiques au nickel sont essentiellement des dermatites de contact allergiques et exceptionnellement des urticaires de contact.

Le nickel, métal ubiquitaire, entre dans la composition de nombreux alliages (acier inoxydable ou inox, superalliages...). Il est très largement utilisé dans l'industrie (industrie minière et de raffinage, métallurgie, galvanoplastie, électroplastie, fonderie, industrie électronique...) du fait de ses nombreuses propriétés.

Les professions exposées sont nombreuses : métallurgistes (électroplasties, en contact avec des huiles de coupe), coiffeurs, mécaniciens automobile, caissiers, commerçants en contact avec des pièces de monnaie, employés du BTP, de la santé, de l'alimentation, du nettoyage...

Le nickel métal et ses sels sont allergisants. Le risque de sensibilisation dépend de la quantité d'ion nickel libérée dans l'environnement et de la concentration cutanée de nickel.

Il est l'allergène ayant la prévalence de tests épicutanés positifs la plus élevée.

Le diagnostic étiologique repose sur l'anamnèse, l'examen clinique et les tests allergologiques en cas de suspicion d'allergie. La pertinence professionnelle d'un test épicutané positif au nickel doit être évaluée au cas par cas.

La prévention technique doit mettre en œuvre toutes les mesures susceptibles de réduire l'exposition. Il existe une directive européenne limitant la libération de nickel d'objets en alliage : elle comprend les bijoux fantaisie, certains objets personnels mais elle n'inclut pas les pièces de monnaie ni les outils de travail.

Cette affection est réparée au titre du tableau n°37 des maladies professionnelles, dans le régime général de la Sécurité sociale et au titre du tableau n°44 pour le régime agricole.

Cette fiche d'allergologie professionnelle annule et remplace la partie correspondante de la fiche TA 57 « Allergie de contact aux métaux et à leurs sels ».

Le nickel, métal ubiquitaire, entre dans la composition de nombreux alliages. Il est très largement utilisé dans l'industrie du fait de ses nombreuses propriétés. Le nickel métal et ses sels sont allergisants. La prévalence de tests épicutanés positifs au nickel dans la population générale est la plus élevée comparée aux autres allergènes [1].

GÉNÉRALITÉS [2 à 4]

Le nickel (Ni : CAS No. : 7440-02-0) est le 28^e élément du tableau périodique. C'est un métal blanc argenté, dur.

Il est présent dans la croûte terrestre, l'air (après avoir été rejeté par des activités humaines, ou naturelles : éruptions volcaniques, incendies de forêt, météorites), les systèmes aquatiques, l'eau de boisson.

Dans l'eau, le nickel est présent sous forme de cation (Ni²⁺) et provient de la dégradation des roches, des sols, du dépôt des particules atmosphériques et des déchets industriels.

Il possède de nombreuses propriétés expliquant sa large utilisation : résistance à la corrosion atmosphérique en combinaison avec le chrome (acier), résistance à de hautes températures tout en conservant de bonnes propriétés mécaniques, ductilité (facilité de transformation), résistance mécanique, résistivité électrique, propriétés magnétiques, électrochimiques (dépôt par électrochimie dans les batteries rechargeables) et catalytiques ; il est recyclable à l'infini.

M.N. CRÉPY (*)

(*) Consultation de pathologie professionnelle, Hôpital Cochin, Paris, et Hôpital Raymond Poincaré, Garches.

UTILISATIONS DU NICKEL ET SOURCES D'EXPOSITION

[2 à 6]

Expositions professionnelles

Le nickel a plusieurs centaines de milliers d'applications. L'acier inoxydable est de très loin le premier secteur consommateur de nickel dans le monde.

La consommation mondiale de nickel est répartie en 2008 comme suit (Sources : estimations [2]) :

- Acier inoxydable (8 à 12 % de nickel) : 58 %
- Alliages base nickel (25 % à près de 100 % de nickel) : 14 %
- Galvanoplastie (nickelage) : 9 %
- Aciers alliés et fonderie (moins de 4 % de nickel) : 9 %
- Batteries rechargeables : 5 %
- Monnaie : 2 %
- Autres (dont catalyse) : 3 %.

Acier inoxydable (« inox »)

Ce sont des aciers alliés présentant une résistance élevée à la corrosion à chaud ou à froid dans de nombreux milieux. Elle est multipliée par cent par rapport aux aciers courants. Cette résistance chimique est due à la présence de chrome (à des teneurs supérieures à 10,5 %), qui protège, par passivation (formation d'oxyde Cr_2O_3), la surface de l'alliage.

Les aciers inoxydables sont classés en 5 familles dont 3 contiennent du nickel : les martensitiques en général à 12 à 19 % de chrome peuvent contenir du nickel ; les austénitiques, les plus employés parmi les aciers inoxydables contenant généralement 7 % et plus de nickel ; et les austéno-ferritiques à hautes teneurs en chrome (plus de 22 %) et basses teneurs en nickel (de 3,5 à 8 %), appelés également aciers « duplex ».

Les domaines d'utilisation de l'acier inoxydable sont aussi variés que la sécurité alimentaire et l'hygiène (équipements ménagers, électroménager), les outils de production des industries agroalimentaire et pharmaceutique, le matériel chirurgical et également dans les industries de la chimie, de la pétrochimie, du papier, de la production d'énergie, du bâtiment, de la construction, des transports...

Alliages à base de nickel

Les superalliages (fer/zinc/nickel/chrome/cobalt/molybdène) qui ont des teneurs en nickel élevées (supérieures à 45 %) sont très utilisés dans l'aéronautique ; ils ont la capacité de conserver des propriétés mécaniques élevées malgré les températures de plus en plus élevées de fonctionnement des réacteurs.

Les alliages nickel/fer sont utilisés dans la production et le transport des gaz.

Les alliages avec le cuivre comprennent le cupronickel utilisé dans les pièces de monnaie. Les pièces de 1 € et 2 € représentent 3,5 % de la consommation française de nickel. Les autres alliages avec du cuivre sont le maillechort (cuivre/zinc/nickel) et le monel (nickel/cuivre/fer).

Citons également l'inconel, alliage à base de nickel, chrome et fer, les alliages avec le titane (nitinol) à mémoire de forme notamment utilisés dans des dispositifs médicaux (stent, matériel dentaire, fils d'orthodontie, pince chirurgicale, dispositif intra-utérin, monture de lunettes...), avec l'aluminium (aimants aluminium/nickel/cobalt), avec le cadmium (fabrication de batteries rechargeables), avec l'or, avec l'argent...

Galvanoplastie (revêtement de métal pur)

Le revêtement ou nickelage, effectué par électrolyse de sels de nickel (sulfate, chlorure... de nickel), procure un aspect brillant et une résistance à la corrosion atmosphérique (robinetterie, quincaillerie, tubes...) de métaux ferreux.

Aciers alliés et fonderie

Ils sont utilisés dans l'automobile et la construction mécanique.

EXPOSITIONS NON PROFESSIONNELLES

Objets métalliques de la vie quotidienne

Avant la directive européenne 94/27/CE du 30 juin 1994 sur le nickel [7], les bijoux fantaisie avec notamment le perçement des oreilles étaient la principale source de sensibilisation au nickel [8, 9]. Normalement la Directive européenne 94/27/CE du 30 juin 1994 exige que pour les objets usuels en contact direct avec la peau, la libération de nickel ne dépasse pas $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$. Cette directive concerne les bijoux fantaisie, certains objets personnels (fermetures éclair, boucles, rivets...) mais elle n'inclut pas les pièces de monnaie ni les objets de la vie quotidienne, ustensiles de cuisine, poignées de porte, clés, trombones, ciseaux, produits de maquillage... qui peuvent provoquer des allergies au nickel.

Concernant les bijoux, il faut savoir que les métaux précieux comme l'or et l'argent sont mous et malléables, il est donc nécessaire de leur ajouter des éléments d'al-

liage dont le nickel. Nickel et palladium sont surtout utilisés dans l'or gris (ils servent à blanchir les alliages d'or). D'après les données du centre technique de l'horlogerie, de la bijouterie, de la joaillerie et de l'orfèvrerie (CETEHOR), l'emploi du nickel a nettement diminué dans les alliages en or du fait des nouvelles réglementations.

Les produits ménagers

Ils peuvent contenir des taux faibles de nickel, il ne semble pas qu'ils puissent induire un eczéma chez les sujets allergiques [10].

Alimentation, boissons

L'absorption systémique de nickel se fait par l'alimentation surtout et l'eau de boisson [11 à 13]. L'eau du robinet de premier jet, les ustensiles de cuisine, les boîtes de conserve contribuent aussi à cette absorption.

Sources iatrogènes d'absorption systémique : les dispositifs médicaux

Plusieurs publications rapportent des réactions localisées ou systémiques lors d'expositions iatrogènes au nickel [14 à 16]. Les sources incriminées sont les systèmes orthodontiques, les prothèses, les implants, les stents, les cathéters (œillet métallique), les dispositifs intratutérins.

PHYSIOPATHOLOGIE, TOXICITÉ CUTANÉE [17 à 23]

Le nickel métal et les sels de nickel sont des sensibilisants cutanés responsables de dermatites de contact allergique et exceptionnellement d'urticaire de contact.

Allergie au nickel métal

Les métaux responsables de dermatites de contact peuvent être classés en 4 catégories [24]. Avec le béryllium, le cobalt et le mercure, le nickel appartient à la catégorie IV, c'est-à-dire les métaux qui réagissent à la sueur et peuvent former des ions allergisants.

L'haptène est l'ion nickel libre qui se lie aux protéines de l'épiderme. Les tests montrent que le nickel est un sensibilisant modéré à fort. Il faut donc un contact cutané direct et prolongé pour induire une sensibilisation [16,18].

Il n'y a pas de relation directe entre la quantité de nickel métal présente dans l'alliage et le pouvoir sensibilisant.

Le risque de sensibilisation en milieu professionnel dépend de :

→ la quantité d'ion nickel libre dans l'environnement. Pour un alliage contenant du nickel, le facteur essentiel est sa résistance à la corrosion notamment par la sueur et le taux de formation d'ions nickel libre ;

→ la concentration cutanée de nickel. Le principal facteur d'induction et d'élicitation (déclenchement d'eczéma chez les personnes sensibilisées) de la dermatite de contact allergique au nickel est la quantité de nickel par surface de peau (skin unit area) présente dans l'épiderme suite à l'exposition au nickel. En allergologie de contact, l'unité utilisée est le $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Suite à plusieurs études sur la capacité de sensibilisation de différents alliages [8], il a été montré que les alliages libérant plus de $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$ de nickel peuvent induire une sensibilisation primaire et un grand nombre d'eczémas chez les sujets allergiques au nickel (élicitation), contrairement à ceux libérant moins de $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$ de nickel (comme l'acier inoxydable ou l'or blanc) qui sont actuellement considérés comme ne pouvant pas induire de sensibilisation primaire et qui, dans la plupart des cas, sont bien tolérés par les sujets allergiques au nickel [7, 8, 25]. D'après la revue de la littérature de Fischer et al. [8] (2005), 5 % de la population allergique réagira à la dose de $0,44 \mu\text{g Ni}/\text{cm}^2$ et 10 % de la population allergique réagira à la dose de $1,04 \mu\text{g Ni}/\text{cm}^2$. Aussi il a été proposé un taux limite raisonnable de sécurité de relargage de nickel de $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$ [7].

Par exemple, le taux de libération de nickel des alliages cupronickel des pièces de monnaie est élevé.

Cette capacité de relarguer des ions nickel est indépendante de la teneur de l'alliage en nickel ; en effet, la plupart des aciers inoxydables utilisés (AISI 304, 304L, 316, 316L, 310S, 430) sont pauvres en soufre et libèrent moins de $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$ de nickel. Par contre les aciers inoxydables riches en soufre (AISI 303) peuvent libérer des taux plus élevés jusqu'à $1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$ (test dans la sueur artificielle) [6, 26 à 28].

D'autres facteurs favorisent la sensibilisation : le temps de contact cutané direct et prolongé du travailleur avec l'alliage, l'état de la barrière cutanée (dermatose sous-jacente), l'association à des irritants et d'autres allergènes.

L'exposition professionnelle aux irritants favorise le pouvoir sensibilisant des allergènes [29]. Agner et al. [30] ont exposé 20 sujets allergiques au nickel à des tests épicutanés à des concentrations différentes de nickel (NiCl_2 , dichlorure de nickel) et de lauryl sulfate de sodium (SLS) seuls et en association. Ils ont pu montrer un effet synergique, le SLS induit une irritation qui augmente la pénétration du nickel et diminue le seuil d'élicitation de réactions cutanées allergiques au nickel.

Allergie aux sels de nickel soluble

La perméation du nickel à travers la peau varie suivant les solutions. Les solutions de sulfate de nickel ont un taux de perméation 50 fois plus lent que les solutions de chlorure de nickel [3].

L'exposition professionnelle aux sels solubles de nickel existe essentiellement dans les industries de production (raffinement électrolytique du nickel) et dans l'électrolyse des métaux (électroplastie).

L'exposition non professionnelle aux sels solubles de nickel peut se faire par voie orale par le biais de l'alimentation et de l'eau de boisson. Une méta-analyse par Jensen et al. [11] sur le lien entre exposition par voie orale au nickel et risque de dermatite de contact systémique montre une relation dose-dépendante. Il existe une tendance générale à une plus grande sévérité des réactions cutanées avec des expositions plus élevées au nickel *per os* chez les sujets sensibilisés. Les auteurs concluent que la quantité de nickel absorbée dans l'alimentation et l'eau de boisson dans des conditions normales ne peut provoquer une dermatite de contact systémique que chez une minorité de patients allergiques au nickel (environ 1 %).

Allergies concomitantes aux métaux : nickel, chrome, cobalt, palladium

Il est fréquent de retrouver de multiples sensibilisations aux métaux, nickel, chrome, cobalt, palladium.

L'hypothèse de réactions croisées a été évoquée mais actuellement les études seraient plutôt en faveur de sensibilisations concomitantes [17, 31].

ÉPIDÉMIOLOGIE

Prévalence d'allergie

Population générale

C'est l'allergène de contact le plus fréquent en Europe et dans les pays industrialisés [1, 32].

En Europe la prévalence de l'allergie cutanée au nickel dans la population générale varie de 10 à 15 % chez les femmes et 2 à 5 % chez les hommes [33].

Patients ayant un eczéma

Dans certaines études de patients consultant pour exploration d'un eczéma par tests épicutanés, la prévalence de l'allergie au nickel est de 10 à 30 % chez les femmes et de 2 à 8 % chez les hommes [34]. Dans

l'étude multicentrique européenne de l'ESSCA (European Surveillance System on Contact Allergies), le nickel était l'allergène de contact le plus fréquemment à l'origine de tests épicutanés positifs (prévalence de 17,3 % des patients testés en 2002-2003 [35]).

Dans des études de population, 30-46 % des patients allergiques au nickel développent ou ont développé un eczéma des mains (parfois récurrent, chronique ou sévère avec risque d'inaptitude) comparés à 15-19 % chez des contrôles [19, 33].

Les plus importants facteurs de risque de développer une allergie au nickel sont le sexe féminin et un âge jeune. Le risque relatif est de 3,74 chez les femmes (IC 95 % 3,51-3,98) et de 3,23 pour les sujets de moins de 30 ans (IC 95 % 3,03-3,45) [36].

Il semble que depuis l'implantation de la législation sur le nickel au Danemark puis en Europe, il y ait une décroissance des taux de sensibilisation au nickel [37]. Johansen et al. [38], au Danemark, notent une diminution de la prévalence d'allergie au nickel de 24,8 % à 9,2 % entre 1985 et 1998 chez les enfants de moins de 18 ans. De même en Allemagne [39], la prévalence a diminué de 36,7 % à 25,8 % sur une période de 8 ans chez les femmes de moins de 30 ans. Jensen et al. [40], au Danemark, ont montré que les écolières, dont les oreilles avaient été percées avant la mise en place de la législation sur le nickel en 1992, avaient un taux de sensibilisation au nickel 3 fois plus élevé par rapport à celles dont les oreilles avaient été percées après (5,7 % vs 19 %).

Nickel et urticaire

Le nickel a été très rarement incriminé comme cause d'urticaire ; en général, il est associé à des manifestations respiratoires (rhinite, asthme) [41]. Hostýnek [23] a fait une revue de la littérature sur ce sujet jusqu'en 2002. Il retrouve 10 cas d'urticaire. Les professions incriminées sont celles de la métallurgie (électrolyse, meulage, polissage de métaux).

Professions exposées

Données générales

Il est souvent difficile de savoir si l'induction de l'allergie cutanée au nickel est due à une sensibilisation professionnelle ou non professionnelle.

Les données épidémiologiques sont très variables suivant les pays, les périodes étudiées et la méthodologie utilisée.

Des prévalences élevées de tests épicutanés positifs au nickel sont fréquemment retrouvés dans les études explorant l'eczéma par catégorie professionnelle. La pertinence de cette positivité au poste de travail est difficile à apprécier : les sources de nickel étant ubiquitaires,

elle peut correspondre à une sensibilisation non professionnelle.

Ainsi, Dickel et al. [42] ont évalué la pertinence de la positivité de tests épicutanés au nickel à partir de 5 285 cas de dermatoses professionnelles déclarées en Allemagne au registre des maladies professionnelles de Bavière du Nord (BKH-N) sur une période de 10 ans (1990-1999) : 4 112 cas (77,8 %) sont survenus dans 24 professions à risque et ont été analysés. L'allergène le plus fréquemment positif lors des tests épicutanés était le sulfate de nickel (29,5 % ; n = 1 214 sur 4 112), mais la pertinence professionnelle était seulement de 11 % des sujets sensibilisés. Dans cette étude, les principales professions concernées sont les électroplastiques, les employés en électronique, le personnel de santé et les coiffeurs.

Dans l'étude par Halkier-Sorensen [43] de 16 688 cas de dermatites de contact d'origine professionnelle déclarées aux autorités danoises sur la période 1984-1991, les principales causes sont les détergents (19 %), le travail en milieu humide (23 %) et le nickel (9 %).

Selon les statistiques de Romaguera [44], l'allergie cutanée au nickel serait d'origine professionnelle dans 20 % des cas.

Dans une autre étude sur l'eczéma des mains à Singapour, la prévalence de tests épicutanés positifs au nickel est de 8 % dans les eczémats d'origine professionnelle et 13 % dans les eczémats d'origine non professionnelle [45].

Shah et al. [46] ont étudié 368 patients allergiques au nickel (sur une série de 1 972 patients testés pour eczéma). Dans presque un quart des cas, l'exposition professionnelle au nickel était incriminée, mais plutôt comme facteur secondaire ou en association avec d'autres. Les professions les plus identifiées étaient les commerçants, les coiffeuses, les employés du nettoyage, les métallurgistes et les employés de la restauration et de l'alimentation. Dans la majorité des cas, il s'agit d'une exposition au nickel métal (objets métalliques...) et plus rarement au nickel en solution.

Kanerva et al. [47] ont étudié l'incidence des dermatites de contact allergiques (DAC) d'origine professionnelle à 3 métaux, le chrome, le nickel et le cobalt, par profession, sur 7 ans à partir du *Finnish Register of Occupational Diseases*. Sur un total de 2 543 cas de dermatites de contact allergiques d'origine professionnelle rapportés de 1991-1997, le nickel était en cause dans 6,9 % des cas, le chrome dans 5,6 % des cas et le cobalt dans 1,6 % des cas.

Les données du réseau britannique de surveillance des dermatites de contact d'origine professionnelle (DCP) rapportent 1 190 cas sur 12 574 (12 % du total des DCP) où le nickel est incriminé. Les professions ayant l'incidence (taux pour 10 000 et par an) la plus élevée sont les coiffeurs (23,9), les serveurs de bar (4,7), les cuisiniers (4,4), les commerçants (2,8), le personnel de l'alimentation (2,5), les caissiers (2,2), les employés du

nettoyage (1,8), les infirmières (1,7) et les métallurgistes (1,7) [48].

Une étude de l'IVDK (Informationsverbund Dermatologischer Kliniken, Information Network of Departments of Dermatology) par Uter [36] retrouve comme professions ayant le risque le plus élevé d'allergie au nickel les électroplastiques et les opérateurs de hauts fourneaux.

À Singapour [49], les secteurs professionnels les plus fréquemment responsables de dermatite de contact d'origine professionnelle sont la métallurgie, la construction et le BTP, l'industrie électronique et l'industrie des transports. Les trois allergènes dont les prévalences de tests épicutanés positifs sont les plus élevées dans ces professions sont le nickel, les chromates et les additifs du caoutchouc.

Études par secteur d'activité et/ou profession

Production de nickel

Des études récentes dans les industries minières et les raffineries montrent une réduction des expositions aux aérosols de nickel [50, 51].

Métallurgistes

→ *Nickelage, électrolyse des métaux (électroplastie)*

Au début du XX^e siècle, les dermatites de contact allergiques au nickel étaient fréquemment rapportées dans cette catégorie professionnelle. Depuis l'automatisation, les progrès techniques et la mise en place de règles d'hygiène, les rapports sont plus rares [52].

Dans l'étude de Kanerva et al. [53] dans 38 usines d'électrolyse, dix des 163 électroplastiques interviewés par questionnaire ont un test épicutané positif au nickel.

→ *Métallurgistes en contact avec des fluides de coupe*

Ils constituent l'une des professions à plus haut risque de dermatoses professionnelles, surtout dues aux huiles de coupe irritantes et potentiellement allergisantes. Le contact avec des outils et machines métalliques relarguant du nickel et des huiles contaminées par des particules métalliques peut être une cause de dermatite de contact allergique au nickel. Dans une étude allemande chez 448 métallurgistes, le nickel était le principal allergène positif dans les tests épicutanés (20 % des cas) [54].

Industrie électronique

Les salariés du secteur de l'électronique sont particulièrement exposés au risque de dermatites de contact d'origine professionnelle. Les allergènes responsables de dermatite de contact allergique dans ce secteur sont le nickel, la colophane des flux de soudure, les additifs du caoutchouc, les résines époxy et acrylates [47]. Dans l'étude de Tan et al. [55], 32,8 % des patients de ce secteur avaient des tests épicutanés positifs au nickel. Plus récemment à Taïwan [56], une étude par questionnaire de 3 070 employés dans 4 entreprises retrouve une

prévalence de 9,8 % de symptômes cutanés compatibles avec le diagnostic d'eczéma des mains. Parmi 183 patients testés, seuls 7 ont des tests épicutanés positifs (3,8 %) avec comme principaux allergènes le nickel, le cobalt et la paraphénylènediamine.

Coiffeurs

La prévalence de tests épicutanés positifs au nickel chez les coiffeuses est élevée. Dans une étude récente

en Italie [57], elle était de 43,9 % (58 patients sur 132). La pertinence professionnelle de cette positivité est discutée par certains auteurs du fait de l'exposition concomitante aux bijoux fantaisie et d'antécédents d'oreilles percées... Néanmoins, il est important, devant toute coiffeuse ayant un eczéma des mains et un test épicutané positif au nickel, d'évaluer le niveau d'exposition au nickel au poste de travail, qui peut représenter un facteur important contribuant à la dermatose.

TABLEAU I

Sources d'expositions professionnelles et non professionnelles au nickel.

→ ENVIRONNEMENT PROFESSIONNEL

- *Aéronautique et automobile (industrie)* : les pièces chromées subissent souvent un traitement préalable, nickelage ou cuivrage, qui favorise l'adhérence du chrome (exemples : galvanisation de tôles, de turboréacteurs résistants mécaniquement et chimiquement à haute température...).
- *Agroalimentaire* : ustensiles de cuisine, gants de protection en mailles métalliques chez les bouchers et personnels d'abattoirs.
- *Alliages (production)* : la grande majorité du nickel est utilisée dans la fabrication d'acier inoxydable, d'alliages non ferreux, dans les fonderies. L'acier inoxydable en général n'en relargue qu'une quantité très faible (liaison très forte au nickel).
- *Artistes* : pigments et colorants de peinture, émaux, verres, céramiques.
- *Batteries (fabrication et utilisation)*.
- *Bijouterie* : bijoux fantaisie, certains bijoux en or surtout l'or gris. Il faut savoir que les métaux précieux comme l'or et l'argent sont mous et malléables, il est donc nécessaire de leur ajouter des éléments d'alliage dont le nickel. Nickel et palladium sont surtout utilisés dans l'or gris (ils servent à blanchir les alliages d'or). D'après les données du centre technique de l'horlogerie, de la bijouterie, de la joaillerie et de l'orfèvrerie (CETEHOR), l'emploi du nickel a nettement diminué dans les alliages en or du fait des nouvelles réglementations.
- *Bureau et secteur tertiaire* : relargage de nickel par les instruments métalliques, ciseaux, trombones, agrafeuses, poignées de porte, clés, bords métalliques de bureau, chaînes...
- *Caissiers* : pièces de monnaie 1 et 2 euros en alliage cuivre/nickel.
- *Catalyseurs (production et utilisation)* : notamment dans la production de fertilisants, pesticides et fongicides, dans l'industrie chimique et les raffineries de pétrole.
- *Céramiques et verres* : pigments d'émaux (bleu et vert notamment).
- *Coiffeurs* : relargage de nickel par les instruments métalliques : ciseaux, tondeuses, pinces, peignes... Les thioglycolates des produits de permanente accélèrent ce relargage.
- *Construction et BTP* : manipulation d'huisseries en aluminium de portes et fenêtres, ascenseurs, outils, robinetterie, éviers et baignoires, tuyaux métalliques chez les électriciens, plombiers, serruriers et menuisiers. L'association de tests épicutanés positifs au bichromate de potassium et au sulfate de nickel est fréquente chez les professionnels de la construction exposés au ciment et ayant un eczéma des mains. Renfort de chaussures de sécurité.
- *Électronique (industrie)* : baguettes de soudure, câbles électriques de mise à terre, outils, huiles de refroidissement.
- *Imprimerie et sérigraphie* : encres, colorants.
- *Métallurgie* : galvanoplastie ou nickelage électrolytique et chimique (revêtement de pièces métalliques par des dépôts de nickel très durs et d'épaisseur uniforme, revêtements de fils d'aluminium utilisés comme conducteurs électriques...), fluides de coupe usés, baguettes de soudure, aimants, fabrication et utilisation d'objets métalliques contenant du nickel.
- *Musiciens* : instruments à vent métalliques, cordes de guitare.
- *Peintures (fabrication et utilisation)* : métallisées pour automobiles.
- *Raffineries*.
- *Textile (industrie) et confection* : relargage de nickel par les instruments métalliques (dés à coudre, aiguilles, épingles, ciseaux, boutons...), certains colorants.
- *Transport (personnels de la marine, des trains...)* : relargage de nickel par les instruments métalliques.

→ ENVIRONNEMENT NON PROFESSIONNEL

Les objets métalliques pouvant relarguer du nickel sont nombreux :

- *Alimentation* : des quantités minimes de nickel peuvent être présentes dans l'eau de boisson et certains aliments relargués à partir de containers, robinetterie et ustensiles de cuisine métalliques. Les aliments les plus riches en nickel sont le chocolat, la farine complète, l'avoine, les fruits à coque, le soja, les légumes, les fruits de mer et le réglisse.
- *Bijoux* : bijoux fantaisie, bijoux usés, certains bijoux en or surtout l'or gris.
- *Cosmétiques* : mascara et ombres à paupières, tatouages temporaires au henné pouvant contenir des métaux.
- *Médical* : dispositifs médicaux et dentaires : aiguilles d'injection, instruments chirurgicaux, implants chirurgicaux, pace-maker, alliages dentaires (traitement orthodontique, prothèses...), cathéters, dispositifs intra-utérins...
- *Objets de la vie courante* : machines à laver, ustensiles de cuisine, boîtes de conserves, canettes de bière, robinetterie, clés, poignées de porte, pièces de monnaie, ciseaux, montures de lunettes, rasoirs, téléphones portables... vêtements et accessoires (boutons, boucles de ceinture, fermetures éclair, agrafes, pigments et colorants textiles notamment couleur bleue)...



Photo 1 : Dermate de contact allergique (DAC) de la paume à une clé métallique utilisée au poste de travail très fréquemment.

Mécaniciens automobile

La prévalence d'eczéma des mains des mécaniciens automobile est élevée (15 %) comparée à la population générale chez les hommes (9 %) [58, 59].

Parmi les mécaniciens automobile ayant un eczéma, 8 % ont des tests épicutanés positifs au nickel [59].

Caissiers, commerçants en contact avec la monnaie

Des études [60] ont mesuré des quantités de nickel sur les mains après manipulation de pièces de monnaie qui confirment que le travail de caissier avec manipulation fréquente de pièces de monnaie peut provoquer un eczéma chez les sujets allergiques.

BTP, construction

Le ciment peut contenir du nickel sous forme de sels insolubles.

Les données allemandes de l'IVDK estiment la prévalence de l'allergie au nickel dans le secteur de la construction à 26,3 % [61], mais la pertinence du test au nickel est discutée.

Les principales sources de nickel sont le ciment et les outils de travail. Le ciment peut contenir du nickel sous forme de sels insolubles. Dans une étude de Liden et al. [62] de 565 outils de travail, en contact cutané direct avec la main, 27 % avaient un test au diméthylglyoxime positif et donc relarguaient des ions nickel.

Une autre étude [63] a cherché à quantifier le nickel présent sur les mains dans différentes professions (menuisiers, serruriers, caissiers, secrétaires) après un certain temps d'activité professionnelle habituelle. Cette étude a montré la présence de nickel quantifiable dans toutes ces professions. Les serruriers ont la quantité la plus importante de nickel sur la peau des 2 mains. La manipulation fréquente et répétée de clés et serrures libérant du nickel est probablement la cause. Les secrétaires effectuant le travail administratif avaient le taux le plus faible.

Personnel de nettoyage, d'alimentation et de santé

Ils sont exposés à la fois à de nombreux irritants (travail en milieu humide principalement, détergents désinfectants, gants...) mais aussi à des allergènes dont le nickel présent dans des équipements métalliques, outils, ustensiles, poignées, clés (*photo 1*)... qui peuvent libérer du nickel. Les données allemandes de l'IVDK estiment la prévalence de l'allergie au nickel appréciée sur les tests épicutanés à 32,1 % dans les secteurs de la santé [64], à 29,7 % dans ceux du nettoyage et de la cuisine [65].

Autres

D'autres professions et secteurs d'activité ont été incriminés (*tableau 1*): musiciens (instruments à vent, cordes de guitare...), employés de poterie, céramique et verrerie, imprimeurs, industrie textile et de la confection (couturier...), techniciens de laboratoire, peintres automobile, bijoutiers, bouchers et employés des abattoirs portant des gants de protection à mailles métalliques, secrétaires et travail administratif (ciseaux, trombones, agrafeuses...), production de batteries, production et utilisation de catalyseurs [34, 47, 66, 67].

DIAGNOSTIC EN MILIEU DE TRAVAIL

L'aspect le plus typique de la dermatite de contact allergique est une plaque d'eczéma érythémato-squammeuse, papuleuse, bien définie au site de contact avec le nickel.

L'exposition professionnelle entraîne le plus souvent un eczéma chronique des mains. L'atteinte vésiculeuse palmaire n'est pas rare en cas d'allergie au nickel contrairement aux autres causes de dermatites de contact professionnelle touchant préférentiellement le dos des mains. L'aspect peut être celui d'une dysidrose palmaire (*photo 2*).



Photo 2 : Dysidrose palmaire avec allergie au nickel.

Chez les galvanoplastes avec exposition aéroportée aux sels de nickel, l'eczéma se localise aux zones exposées, comme le visage (*photo 3*) et particulièrement les paupières où la peau est plus fine.



Photo 3 : DAC du visage chez un électroplaste allergique au nickel.



Photo 4 : DAC au nickel d'une boucle de ceinture.



Photo 5 : DAC au nickel d'une montre.

Il peut y avoir à l'interrogatoire d'autres localisations d'eczéma correspondant à des contacts non professionnels avec des objets relarguant du nickel (région péri-ombilicale pour les boutons de jeans et boucle de ceinture (*photo 4*), lobes d'oreilles pour les bijoux fantaisie, piercings, poignets pour les bracelets-montres (*photo 5*), visage pour les lunettes...).

Certains aspects de DAC au nickel sont plus rares. Il a été décrit des cas de DAC aéroportée au nickel se présentant sous l'aspect d'une rosacée. L'évolution par rapport à l'exposition professionnelle et le test épicutané positif ont permis de confirmer ce diagnostic [67]. Des aspects de dermatite « vascularite-like » ont aussi été rapportés.

Le nickel peut être responsable de dermatites de contact systémique. Ce diagnostic est évoqué en cas d'eczéma apparaissant après une exposition systémique à l'allergène (*per os*, inhalée, transcutanée, par voie générale) chez un sujet antérieurement sensibilisé par un contact cutané. Le nickel est un des métaux les plus fréquemment impliqués dans ce phénomène. Les aspects cliniques sont variés :

- dysidrose palmaire ;
- dermatite flexurale ;
- syndrome babouin : cette forme clinique, bien que rare, est assez caractéristique de la dermatite de contact systémique. Elle se manifeste sous la forme d'une éruption bien délimitée des fesses, de la région génitale et de la partie interne des cuisses en forme de V, de couleur rose à violet foncé ;
- rash maculo-papuleux ;
- aggravation d'un eczéma. Des poussées d'eczéma ont ainsi été provoquées par l'ingestion de nickel par test de provocation orale chez des sujets allergiques au nickel.

Le nickel peut provenir de l'ingestion alimentaire, de matériel orthodontique (*photo 6*), de prothèses, de cathéters...

L'urticaire de contact au nickel est exceptionnelle. Elle est caractérisée par des papules et/ou des plaques érythémato-œdémateuses à bords nets. Il n'y a aucun signe épidermique, c'est-à-dire pas de desquamation, ni croûte, ni suintement, ni fissure en dehors de rares signes de grattage surajoutés. Le prurit est souvent intense. Le caractère immédiat de l'éruption survenant dans les minutes ou l'heure suivant le contact avec la substance responsable et la disparition rapide en quelques heures après arrêt du contact avec la substance responsable laissant une peau normale sans séquelle évoque d'emblée le diagnostic. Il peut s'y associer d'autres manifestations, une urticaire profonde (encore appelée œdème de Quincke ou angio-œdème) où l'œdème est dermo-hypodermique, des signes respiratoires et oculaires (rhinite, conjonctivite, asthme), des signes digestifs et un choc anaphylactique.

DIAGNOSTIC EN MILIEU SPÉCIALISÉ

Exploration d'une dermatite de contact allergique

Pour explorer l'allergie de contact, la batterie standard européenne qui contient le sulfate de nickel à 5 % dans la vaseline est systématiquement testée (*photo 7*).

La lecture et l'interprétation des tests épicutanés au nickel posent des problèmes qui ne sont pas encore résolus.

La positivité n'est pas toujours reproductible [68].

Il peut y avoir des faux positifs notamment pour les sujets atopiques chez qui les tests d'irritation sont d'aspect folliculaire.

À l'opposé, il peut y avoir des faux négatifs. Des patients (15-50 % dans certaines études) indiquent à l'anamnèse des antécédents de réaction cutanée aux bijoux fantaisie suggérant très fortement une allergie au nickel et ont un test épicutané au nickel négatif. Il n'y a pas actuellement d'explication claire de cette négativité [69, 70]. Certains auteurs ont proposé de prétraiter la peau au niveau du site d'application du test par du lauryl sulfate de sodium 24 h avant, ou d'effectuer deux tests de nickel provenant de différents fabricants, ou de retester une deuxième fois le patient [71].

Exploration d'une urticaire de contact

Le test de choix pour explorer l'urticaire de contact est le prick-test.

PRONOSTIC

Le pronostic est souvent péjoratif en cas d'eczéma des mains avec allergie au nickel. Le nickel étant ubiquitaire, l'éviction complète est difficile, au poste de travail et dans la vie courante. De plus, très souvent en cas d'eczéma



Photo 7 : Test épicutané très positif, étendu au nickel.

avec test épicutané positif au nickel, plusieurs facteurs sont responsables de la dermatose [19, 23].

PRÉVENTION

Prévention technique

Prévention collective

Substitution/remplacement par des alliages sans nickel ou ne relarguant pas de nickel

Les principaux objets métalliques incriminés dans la sensibilisation au nickel sont ceux en contact direct avec la peau, relarguant du nickel. Les techniques de fabrication des métaux, de revêtements de surface, de lutte contre la corrosion sont efficaces pour empêcher ou limiter le relargage de nickel.

Réglementation

Depuis 1994, il existe une réglementation spécifique sur la libération de nickel à partir d'objets métalliques [7, 72] :

→ La Directive européenne 94/27/CE du 30 juin 1994 [7] exige que pour les objets usuels en contact direct avec la peau, la libération de nickel ne dépasse pas $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$. Cette directive concerne les bijoux fantaisie, certains objets personnels (fermetures éclair, boucles, rivets...) mais elle n'inclut pas les pièces de monnaie ni les outils de travail.

→ La Directive européenne 2004/96/CE du 27 septembre 2004 [72] modifie la directive précédente dans le sens que pour tous les assemblages introduits de manière temporaire ou non dans des parties du corps humain (boucles d'oreille, bijoux de « piercing »), le taux de libération de nickel est limité à $0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{semaine}$.

→ La norme EN 1811 décrit la méthode d'essai de référence pour la libération du nickel par les produits qui sont destinés à venir en contact direct et prolongé avec la peau. Le seuil à ne pas dépasser est une libération de



Photo 6 : matériel orthodontique responsable de poussées d'eczéma des mains d'aspect dysidrosique chez une fleuriste allergique au nickel.

0,5 µg de nickel par cm² (de surface de la pièce) et par semaine (et de 0,2 µg/cm² semaine pour les bijoux de « piercing »).

→ **La norme EN 12472** expose les conditions de simulation de l'usure et de la corrosion à appliquer préalablement à la détermination du nickel libéré par les objets revêtus. Ce test simule 2 ans d'usage normal de l'objet. Ce test est appliqué préalablement à l'essai EN 1811.

→ **Le rapport CEN** (Commission européenne de normalisation) CR 12471 décrit une méthode de détermination de la libération de nickel par frottis au moyen d'un coton-tige imprégné d'un liquide révélateur, le diméthylglyoxime.

Information et formation du personnel aux risques

Il est utile au poste de travail d'effectuer le test au diméthylglyoxime (DMG) ou spot-test au nickel qui permet de détecter des taux à partir de 10 ppm [69]. Il représente une méthode facile et simple qui permet grossièrement de différencier les deux types d'objets, ceux relarguant beaucoup plus de 0,5 µg/cm²/semaine de nickel et ceux relarguant un taux nettement inférieur. Néanmoins dans la zone intermédiaire, il peut y avoir des erreurs, faux positifs et faux négatifs [17]. Ce test consiste à déposer quelques gouttes de diméthylglyoxime en solution alcoolique avec de l'ammoniaque sur un coton-tige et de frotter l'objet métallique suspect. Le diméthylglyoxime réagit avec les ions nickel en présence d'ammoniaque, donnant une couleur rosée (*photo 8*). Ce test peut tout d'abord être essayé par le patient sur des pièces de monnaie de 1 ou 2 euros. Il est possible de se procurer du diméthylglyoxime auprès du laboratoire Chemotechnique (en France, le laboratoire Destaing le commercialise) (www.destaing.com).

Prévention individuelle

Soins cutanés et règles d'hygiène

Le nettoyage des mains et l'application d'émollients sont essentiels dans la prévention des dermatoses professionnelles, d'autant plus que les facteurs professionnels irritants favorisent la sensibilisation aux allergènes dont le nickel.

Les principaux conseils sont les suivants :

■ Ne jamais se laver les mains avec les nettoyants destinés aux machines et aux outils.

■ Se laver les mains à l'eau tiède, en évitant l'eau chaude qui aggrave l'irritation cutanée et en se séchant bien les mains.

■ Utiliser des produits de nettoyage les plus doux possible. Concernant les détergents utilisés dans les savons d'atelier, il existe des normes AFNOR (NF T 73-101 et NF T 73-102) qui ne sont pas obligatoires, mais qui offrent certaines garanties sur le pH, la composition des



Photo 8 : Test au diméthylglyoxime positif donnant une couleur rosée sur une clé relargant du nickel.

charges incorporées aux savons et le type de solvants utilisés.

■ Utiliser de préférence des produits d'hygiène et de soins cutanés au travail ne contenant pas de substance parfumante et dont les conservateurs ont le plus faible pouvoir sensibilisant ; ce sont des cosmétiques, la composition est donc facilement accessible, sur l'emballage des produits.

■ Appliquer des émollients à haut pouvoir d'hydratation sur les mains avant, pendant et après le travail, riches en lipides et sans parfum, avec des conservateurs ayant le plus faible potentiel sensibilisant. Insister sur les espaces interdigitaux, les pulpes des doigts et le dos des mains.

■ Étendre la prévention de la dermatite de contact aux tâches domestiques (port de gants pour le nettoyage de la vaisselle, les tâches ménagères et le bricolage exposant à des irritants et pour l'entretien de voiture).

Les mesures suivantes sont plus controversées :

Dans les mesures d'hygiène cutanée, certains auteurs recommandent l'utilisation de nettoyants cutanés contenant des agents chélateurs de nickel. La vitesse de diffusion du nickel à travers la couche cornée est lente, le but est d'enlever le maximum de nickel de la peau et des couches superficielles de l'épiderme par une association de surfactants et d'agents chélateurs. Healy et al. [73] ont évalué l'efficacité de différents chélateurs du nickel inclus dans des solutions de nettoyage cutané. Quatre ligands ont été comparés : le clioquinol, l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA), le diéthylthiocarbamate de sodium et la L-histidine. L'EDTA et la L-histidine étaient les plus efficaces.

Concernant l'efficacité des crèmes barrières, il n'y a pas de consensus. De nombreuses études ont évalué l'efficacité de crèmes contenant des chélateurs de nickel. L'efficacité est modérée, le véhicule contenant le chélateur a l'inconvénient d'augmenter la perméabilité cutanée et donc de favoriser l'absorption cutanée du nickel [23]. Certains de ces chélateurs peuvent être allergisants et/ou toxiques. Citons comme chélateurs incorporés

dans des crèmes, l'EDTA, le clioquinol (sensibilisant, neurotoxique), l'acide diéthylènetriaminepentaacétique, le mélange dexaméthasone-isopropyl myristate.

Nettoyage des instruments

Il faut proscrire le nettoyage à mains nues des outils et récipients avec des chiffons imbibés de solvants.

EPI

Les gants en nitrile d'une épaisseur de 0,4 mm au moins sont recommandés en cas d'exposition prolongée aux sels de nickel chez les électroplastés (protection jusqu'à 8 heures) [74]. Pour des temps d'exposition plus courts, on peut conseiller des gants à usage unique, en caoutchouc ou en PVC. Il est nécessaire de porter des gants de coton pour lutter contre la sudation et la macération en cas de port de gants en caoutchouc ou en plastique plus de 10 minutes.

Prévention médicale et traitement [23, 66, 75 à 77]

L'éviction du contact avec l'allergène est la mesure préventive essentielle. Le patient doit être informé des sources de contact possibles avec le nickel (*tableau 1*) [66]. Il est important qu'il se procure le spot-test au nickel pour identifier à la fois au travail et au domicile les objets relarguant du nickel. Certains auteurs conseillent d'appliquer des vernis ou des colles ponctuellement sur certains objets, mais leur efficacité n'est pas toujours démontrée (détérioration au lavage, usure...).

Les traitements topiques classiques de l'eczéma sont les dermocorticoïdes. Dans certains cas, le tacrolimus topique peut être efficace. Des médicaments chélateurs de nickel ont été proposés *per os*, TETD ou disulfure de tétraéthylthiurame (antabuse, disulfiram), DDC ou triéthylènetétramine mais leur efficacité est limitée avec récédive à l'arrêt du traitement et parfois graves effets secondaires (hépatotoxicité du TETD).

Concernant les émoullissants à haute capacité d'hydratation, ceux qui ont de mauvaises propriétés hydratantes (pas d'humectant ni d'acides gras essentiels dans la formulation) peuvent aggraver les lésions d'eczéma ; on conseillera des émoullissants ayant des propriétés prouvées d'hydratation cutanée [78].

Régime pauvre en nickel

Dans certains cas réfractaires au traitement, un régime alimentaire pauvre en nickel peut être bénéfique [11, 12, 79, 80]. Il est recommandé d'éviter la cuisson dans des ustensiles de cuisine en nickel et les aliments riches en nickel : le chocolat, la farine complète, l'avoine, les fruits à coque, le soja, les légumes, les fruits de mer et la réglisse. L'efficacité doit être évaluée après 1 à 2 mois [12].

Atopie et aptitude

Le sujet atopique (dermatite atopique active ou antécédents) doit être particulièrement informé sur les risques liés à la manipulation et à l'emploi des produits profes-

sionnels et sur sa plus grande susceptibilité aux irritants du fait d'anomalies de la barrière cutanée. Mais il n'y a pas de lien confirmé entre antécédents de dermatite atopique ou dermatite atopique active et sensibilisation augmentée au nickel [36].

RÉPARATION

Cette affection peut être prise en charge :

■ au titre du tableau n° 37 « *Affections cutanées professionnelles causées par les oxydes et les sels de nickel* » du régime général de la Sécurité sociale, pour les dermites eczématiformes récidivant en cas de nouvelle exposition ou confirmées par un test épicutané,

■ au titre du tableau n° 44 « *Affections cutanées et muqueuses professionnelles de mécanisme allergique* » du régime agricole, pour les lésions eczématiformes récidivant après nouvelle exposition au risque ou confirmées par un test épicutané positif au produit manipulé ainsi que les urticaires de contact récidivant en cas de nouvelle exposition et confirmées par un test.

Bibliographie page suivante

Points à retenir

Le nickel est l'allergène le plus fréquemment responsable de dermatites de contact allergique (DAC).

Le nickel métal et ses sels sont allergisants. Le risque de sensibilisation dépend de la quantité de l'ion nickel libéré dans l'environnement et de la concentration cutanée de nickel.

La capacité de corrosion des objets métalliques est un facteur essentiel de libération du nickel. Sous l'influence de la sudation, les objets métalliques contenant du nickel relarguent des ions nickel qui peuvent provoquer une DAC.

Les pièces de monnaie et les outils métalliques utilisés au poste de travail libèrent des quantités de nickel pouvant provoquer un eczéma chez les sujets allergiques.

En milieu professionnel, les irritants qui altèrent la barrière cutanée favorisent la pénétration du nickel.

La pertinence professionnelle d'un test épicutané positif au nickel doit être évaluée au cas par cas.

La directive européenne limitant la libération de nickel d'objets en alliage concerne les bijoux fantaisie, certains objets personnels mais elle n'inclut pas les pièces de monnaie ni les outils de travail.

Le spot-test au diméthylglyoxime est indispensable pour repérer les objets métalliques libérant du nickel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] KROB HA, FLEISCHER AB JR, D'AGOSTINO R JR, HAVERSTOCK CL ET AL. - Prevalence and relevance of contact dermatitis allergens: a meta-analysis of 15 years of published T.R.U.E. test data. *J Am Acad Dermatol*. 2004; 51 (3) : 349-53.
- [2] Document de référence 2008. Eramet, 2008 (www.eramet.fr/fr/PRODUCTION_GALLERY_CONTENT/DOCUMENTS/Investisseurs/Publications/Doc_reference/MARIELOUISE_FR_MISE_EN_LIGNE.pdf).
- [3] Safe use of nickel in the workplace. 3rd edition. Nickel Institute, 2008 (www.nickelinstitute.org/index.cfm/ci_id/17208/la_id/1/document/1/re_id/0).
- [4] Nickel, Superalliages. Société Française de Chimie, 2009 : (www.sfc.fr/donnees/metaux/ni/cadni.htm).
- [5] CUNAT P] - L'Acier Inoxydable : Un Matériau Sain. 1^{re} édition. Euro-inox, 2000 (www.euro-inox.org/pdf/health/TheSafeChoice_FR.pdf).
- [6] Nickel. Draft risk assessment. ECB, 2005 (ecb.jrc.ec.europa.eu/Documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/DRAFT/R311_0601_hh.pdf).
- [7] Directive 94/27/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 juin 1994, portant 12^e modification de la directive 76/769/CE concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses. *J Off Communauté Eur*. 1994 ; L188, 22 juillet 1994 : 1-2.
- [8] FISCHER LA, MENNÉ T, JOHANSEN JD - Experimental nickel elicitation thresholds - a review focusing on occluded nickel exposure. *Contact Dermatitis*. 2005 ; 52 (2) : 57-64.
- [9] LIDÉN C, MENNÉ T, BURROWS D - Nickel-containing alloys and platings and their ability to cause dermatitis. *Br J Dermatol*. 1996 ; 134 (2) : 193-98.
- [10] BASKETTER DA, ANGELINI G, INGBER A, KERN PS ET AL. - Nickel, chromium and cobalt in consumer products: revisiting safe levels in the new millennium. *Contact Dermatitis*. 2003 ; 49 (1) : 1-7.
- [11] JENSEN CS, MENNÉ T, JOHANSEN JD - Systemic contact dermatitis after oral exposure to nickel: a review with a modified meta-analysis. *Contact Dermatitis*. 2006 ; 54 (2) : 79-86.
- [12] VEIEN NK, MENNÉ T - Systemic contact dermatitis. In: Frosch PJ, Menné T, Lepoittevin JP (Eds) - *Contact dermatitis*. 4th edition. Berlin : Springer-Verlag ; 2006 : 295-308, 1136 p.
- [13] Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Nickel (Request N° EFSA-Q-2003-018). EFSA J. 2005 ; 146 : 1-21.
- [14] KORNIK R, ZUG KA - Nickel. *Dermatitis*. 2008 ; 19 (1) : 3-8.
- [15] RAISON-PEYRON N - Allergies au nickel : quand y penser ? In : Groupe d'études et de recherches en dermatologie (GERDA) - Progrès en dermatologie allergologie. Tome 14. Angers, 2008. Montrouge : John Libbey Eurotext ; 2008 : 87-99, 250 p.
- [16] RAISON-PEYRON N, KLUGER N, GUILLARD O, DEMOLY P ET AL. - Eczéma de contact systémique au nickel d'un cathéter périphérique : un nouveau cas. *Ann Dermatol Vénéreol*. 2008 ; 135 (11) : 769-72.
- [17] LIDÉN C, BRUZE M, MENNÉ T - Metals. In: Frosch PJ, Menné T, Lepoittevin JP (Eds) - *Contact dermatitis*. 4th edition. Berlin : Springer-Verlag ; 2006 : 537-68, 1136 p.
- [18] JULANDER A, HINDSEN M, SKARE L, LIDÉN C - Cobalt-containing alloys and their ability to release cobalt and cause dermatitis. *Contact Dermatitis*. 2009 ; 60 (3) : 165-70.
- [19] MEDING B - Epidemiology of nickel allergy. *J Environ Monit*. 2003 ; 5 (2) : 188-89.
- [20] TANKO Z, DIEPGEN TL, WEISSHAAR E - Is nickel allergy an occupational disease? Discussion of the occupational relevance of a type IV allergy to nickel (II) sulfate using case reports. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2008 ; 6 (5) : 346-49.
- [21] HOSTÝNEK JJ, DREHER F, NAKADA T, SCHWINDT D ET AL. - Human stratum corneum adsorption of nickel salts. Investigation of depth profiles by tape stripping in vivo. *Acta Derm Venereol Suppl (Stockh)*. 2001 ; 212 : 11-18.
- [22] HOSTÝNEK JJ, REAGAN KE, MAIBACH HI - Release of nickel ion from the metal and its alloys as cause of nickel allergy. In: Hostýnek JJ, Maibach HI (Eds) - Nickel and the skin: absorption, immunology, epidemiology, and metallurgy. Boca Raton : CRC Press ; 2002 : 249 p.
- [23] HOSTÝNEK JJ - Sensitization to nickel: etiology, epidemiology, immune reactions, prevention, and therapy. *Rev Environ Health*. 2006 ; 21 (4) : 253-80.
- [24] FLINT GN - A metallurgical approach to metal contact dermatitis. *Contact Dermatitis*. 1998 ; 39 (5) : 213-21.
- [25] MENNÉ T, BRANDUP F, THESTRUP-PEDERSEN K, VEIEN NK ET AL. - Patch test reactivity to nickel alloys. *Contact Dermatitis*. 1987 ; 16 (5) : 255-59.
- [26] JENSEN CS, LISBY S, BAADSGAARD O, BYRIALSEN K ET AL. - Release of nickel ions from stainless steel alloys used in dental braces and their patch test reactivity in nickel-sensitive individuals. *Contact Dermatitis*. 2003 ; 48 (6) : 300-04.
- [27] HAUDRECHY P, FOUSSEREAU J, MANTOUT B, BAROUX B - Nickel release from nickel-plated metals and stainless steels. *Contact Dermatitis*. 1994 ; 31 (4) : 249-55.
- [28] HAUDRECHY P, MANTOUT B, FRAPPAZ A, ROUSSEAU D ET AL. - Nickel release from stainless steels. *Contact Dermatitis*. 1997 ; 37 (3) : 113-17.
- [29] PEDERSEN LK, JOHANSEN JD, HELD E, AGNER T - Augmentation of skin response by exposure to a combination of allergens and irritants - a review. *Contact Dermatitis*. 2004 ; 50 (5) : 265-73.
- [30] AGNER T, JOHANSEN JD, OVERGAARD L, VOLLUND A ET AL. - Combined effects of irritants and allergens. Synergistic effects of nickel and sodium lauryl sulfate in nickel-sensitized individuals. *Contact Dermatitis*. 2002 ; 47 (1) : 21-26.
- [31] BORDIGNON V, PALAMARA F, CORDIALI-FEI P, VENTO A ET AL. - Nickel, palladium and rhodium induced IFN-gamma and IL-10 production as assessed by in vitro ELISpot-analysis in contact dermatitis patients. *BMC Immunol*. 2008 ; 9 : 19.
- [32] LU LK, WARSHAW EM, DUNNICK CA - Prevention of nickel allergy: the case for regulation? *Dermatol Clin*. 2009 ; 27 (2) : 155-61.
- [33] LIDÉN C, NORBERG K - Nickel on the Swedish market. Follow-up after implementation of the Nickel Directive. *Contact Dermatitis*. 2005 ; 52 (1) : 29-35.
- [34] LIDÉN C - Nickel. In: Kanerva L, Elsner P, Wahlberg JE, Maibach HI (Eds) - Handbook of occupational dermatology. - Heidelberg : Springer-Verlag ; 2000 : 524-33, 1300 p.
- [35] UTER W, HEGEWALD J, ABERER W, AYALA F ET AL. - The European standard series in 9 European countries, 2002/2003 - first results of the European Surveillance System on Contact Allergies. *Contact Dermatitis*. 2005 ; 53 (3) : 136-45.
- [36] UTER W, PFAHLBERG A, GEFELLER O, GEIER J ET AL. - Risk factors for contact allergy to nickel - results of a multifactorial analysis. *Contact Dermatitis*. 2003 ; 48 (1) : 33-38.
- [37] THYSSEN JP, JOHANSEN JD, MENNÉ T - Contact allergy epidemics and their controls. *Contact Dermatitis*. 2007 ; 56 (4) : 185-95.
- [38] JOHANSEN J, MENNÉ T, CHRISTOPHERSEN J, KAABER K ET AL. - Changes in the pattern of sensitization to common contact allergens in Denmark between 1985-86 and 1997-98, with a special view to the effect of preventive strategies. *Br J Dermatol*. 2000 ; 142 (3) : 490-95.
- [39] SCHNUCH A, UTER W - Decrease in nickel allergy in Germany and regulatory interventions. *Contact Dermatitis*. 2003 ; 49 (2) : 107-08.
- [40] JENSEN CS, LISBY S, BAADSGAARD O, VOLLUND A ET AL. - Decrease in nickel sensitization in a Danish schoolgirl population with ears pierced after implementation of a nickel-exposure regulation. *Br J Dermatol*. 2002 ; 146 (4) : 636-42.

BIBLIOGRAPHIE

- [41] DUPAS D - Allergie respiratoire professionnelle au nickel. Fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle TR 41. Documents pour le médecin du travail. Paris: INRS; 2008 : 6 p.
- [42] DICKEL H, KUSS O, BLESJUS CR, SCHMIDT A ET AL - Occupational skin diseases in Northern Bavaria between 1990 and 1999: a population-based study. *Br J Dermatol*. 2001 ; 145 (3) : 453-62.
- [43] HALKIER-SØRENSEN L - Occupational skin diseases. *Contact Dermatitis*. 1996 ; 35 (1 Suppl) : 1-120.
- [44] ROMAGUERA C, GRIMALT F, VILAPLANA J - Contact dermatitis from nickel: an investigation of its sources. *Contact Dermatitis*. 1988 ; 19 (1) : 52-57.
- [45] GOH CL - An epidemiological comparison between occupational and non-occupational hand eczema. *Br J Dermatol*. 1989 ; 120 (1) : 77-82.
- [46] SHAH M, LEWIS FM, GAWKRODGER DJ - Nickel as an occupational allergen. A survey of 368 nickel-sensitive subjects. *Arch Dermatol*. 1998 ; 134 (10) : 1231-36.
- [47] KANERVA L, JOLANKI R, ESTLANDER T, ALANKO K ET AL - Incidence rates of occupational allergic contact dermatitis caused by metals. *Am J Contact Dermat*. 2000 ; 11 (3) : 155-60.
- [48] SHUM KW, MEYER JD, CHEN Y, CHERRY N ET AL - Occupational contact dermatitis to nickel: experience of the British dermatologists (EPIDERM) and occupational physicians (OPRA) surveillance schemes. *Occup Environ Med*. 2003 ; 60 (12) : 954-57.
- [49] GOON AT, GOH CL - Epidemiology of occupational skin disease in Singapore 1989-1998. *Contact Dermatitis*. 2000 ; 43 (3) : 133-36.
- [50] SYMANSKI E, CHANG CC, CHAN W - Long-term trends in exposures to nickel aerosols. *AIHAJ*. 2000 ; 61 (3) : 324-33.
- [51] SYMANSKI E, CHAN W, CHANG CC - Mixed-effects models for the evaluation of long-term trends in exposure levels with an example from the nickel industry. *Ann Occup Hyg*. 2001 ; 45 (1) : 71-81.
- [52] KIILUNEN M, AITIO A, TOSSAVAINEN A - Occupational exposure to nickel salts in electrolytic plating. *Ann Occup Hyg*. 1997 ; 41 (2) : 189-200.
- [53] KANERVA L, KIILUNEN M, JOLANKI R, ESTLANDER T ET AL - Hand dermatitis and allergic patch test reactions caused by nickel in electroplaters. *Contact Dermatitis*. 1997 ; 36 (3) : 137-40.
- [54] DIEPGEN TL, COENRAADS PJ - The epidemiology of occupational contact dermatitis. *Int Arch Occup Environ Health*. 1999 ; 72 (8) : 496-506.
- [55] TAN HH, TSU-LI CHAN M, GOH CL - Occupational skin disease in workers from the electronics industry in Singapore. *Am J Contact Dermat*. 1997 ; 8 (4) : 210-14.
- [56] SHIAO JS, SHEU HM, CHEN CJ, TSAI PJ ET AL - Prevalence and risk factors of occupational hand dermatoses in electronics workers. *Toxicol Ind Health*. 2004 ; 20 (1-5) : 1-7.
- [57] IORIZZO M, PARENTE G, VINCENZI C, PAZZAGLIA M ET AL - Allergic contact dermatitis in hairdressers: frequency and source of sensitisation. *Eur J Dermatol*. 2002 ; 12 (2) : 179-82.
- [58] MEDING B - Epidemiology of hand eczema in an industrial city. *Acta Derm Venereol Suppl (Stockh)*. 1990 ; 153 : 1-43.
- [59] MEDING B, BARREGÅRD L, MARCUS K - Hand eczema in car mechanics. *Contact Dermatitis*. 1994 ; 30 (3) : 129-34.
- [60] LIDÉN C, SKARE L, VAHTER M - Release of nickel from coins and deposition onto skin from coin handling -- comparing euro coins and SEK. *Contact Dermatitis*. 2008 ; 59 (1) : 31-37.
- [61] BOCK M, SCHMIDT A, BRUCKNER T, DIEPGEN TL - Occupational skin disease in the construction industry. *Br J Dermatol*. 2003 ; 149 (6) : 1165-71.
- [62] LIDÉN C, RÖNDELL E, SKARE L, NALBANTI A - Nickel release from tools on the Swedish market. *Contact Dermatitis*. 1998 ; 39 (3) : 127-31.
- [63] LIDÉN C, SKARE L, NISE G, VAHTER M - Deposition of nickel, chromium, and cobalt on the skin in some occupations - assessment by acid wipe sampling. *Contact Dermatitis*. 2008 ; 58 (6) : 347-54.
- [64] WEISSHAAR E, RADULESCU M, BOCK M, ALBRECHT U ET AL - Educational and dermatological aspects of secondary individual prevention in healthcare workers. *Contact Dermatitis*. 2006 ; 54 (5) : 254-60.
- [65] SODER S, DIEPGEN TL, RADULESCU M, APPELBACHER CJ ET AL - Occupational skin diseases in cleaning and kitchen employees: course and quality of life after measures of secondary individual prevention. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2007 ; 5 (8) : 670-76.
- [66] CRÉPY MN - Les allergènes de la batterie standard dans l'environnement professionnel et non professionnel. Fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle TA 77. *Doc Méd Trav*. 2008 ; 113 : 99-117.
- [67] KANERVA L, ALANKO K, JOLANKI R, ESTLANDER T - Laboratory assistant's occupational allergic airborne contact dermatitis from nickel presenting as rosacea. *Eur J Dermatol*. 1999 ; 9 (5) : 397-98.
- [68] MASJEDI K, BRUZE M, HINDSÉN M, MINANG J ET AL - Is the variability of nickel patch test reactivity over time associated with fluctuations in the systemic T-cell reactivity to nickel? *Br J Dermatol*. 2009 ; 161 (1) : 102-09.
- [69] ANDERSEN KE, WHITE IR, GOOSSENS AN - Allergens from the Standard Series. In: Frosch PJ, Menné T, Lepoittevin JP (Eds) - *Contact dermatitis*. 4th edition. Berlin : Springer-Verlag ; 2006 : 453-92, 1136 p.
- [70] HINDSÉN M, BRUZE M, CHRISTENSEN OB - Individual variation in nickel patch test reactivity. *Am J Contact Dermat*. 1999 ; 10 (2) : 62-67.
- [71] SIMONETTI V, MANZINI BM, SEIDENARI B - Patch testing with nickel sulfate: comparison between 2 nickel sulfate preparations and 2 different test sites on the back. *Contact Dermatitis*. 1998 ; 39 (4) : 187-91.
- [72] Directive 2004/96/CE de la Commission du 27 septembre 2004 modifiant la directive 76/769/CEE du Conseil, en ce qui concerne la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi du nickel dans les parures de piercing, en vue d'adapter son annexe I au progrès technique. *J Off Communauté Eur*. 2004 ; L301, 28 septembre 2004 : 51-52.
- [73] HEALY J, JOHNSON S, LITTLE MC, MAC NEILS - An in vitro study of the use of chelating agents in cleaning nickel-contaminated human skin: an alternative approach to preventing nickel allergic contact dermatitis. *Contact Dermatitis*. 1998 ; 39 (4) : 171-81. Skin at work. HSE, 2009 (www.hse.gov.uk/skin/).
- [74] Chemical Resistance Guide. Permeation and Degradation Data. 8th edition (ansellpro.com/download/Ansell_8thEditionChemicalResistanceGuide.pdf).
- [75] CLEENEWERCK MB - Protéger les mains au travail. *Rev Fr Allergol*. 2009 ; 49 (6) : 490-95.
- [76] GIORDANO-LABADIE F - Les crèmes de protection. Quand et comment les utiliser ? In: Groupe d'études et de recherches en dermato-allergologie (GERDA) - Progrès en dermato-allergologie. Tome 10. Lille, 2004. Montrouge : John Libbey Eurotext ; 2004 : 225-30, 411 p.
- [77] SPRIGLE AM, MARKS JG JR, ANDERSON BE - Prevention of nickel release with barrier coatings. *Dermatitis*. 2008 ; 19 (1) : 28-31.
- [78] HACHEM JR, DE PAEPE K, VANPEE E, KAUFMAN L ET AL - The effect of two moisturisers on skin barrier damage in allergic contact dermatitis. *Eur J Dermatol*. 2002 ; 12 (2) : 136-38.
- [79] MILPIED-HOMSI - Dysidroses et nickel. GERDA 15^e cours d'actualisation. Leuven, 1994 : 95-101.
- [80] VEIEN NK, HATTEL T, LAURBERG G - Low nickel diet: an open, prospective trial. *J Am Acad Dermatol*. 1993 ; 29 (6) : 1002-07.

Erratum concernant la fiche TA 81 :
« Dermatitis de contact aux équipements de protection individuelle (EPI) »

La légende de la **figure 1** devient : « ***Dermatite traumatique du dos des mains et doigts par frottements répétés lors du port 8 heures par jour de gants anti-coupures.*** »